

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開 2001-268951

(P2001-268951A)

(43)公開日 平成13年9月28日(2001.9.28)

(51)Int. Cl.<sup>7</sup>

H02N 2/00

識別記号

F I

H02N 2/00

テーマコード(参考)

C 5H680

審査請求 未請求 請求項の数5

O L

(全12頁)

(21)出願番号 特願2000-81544(P2000-81544)

(22)出願日 平成12年3月23日(2000.3.23)

(71)出願人 000006079

ミノルタ株式会社

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号  
大阪国際ビル

(72)発明者 吉田 龍一

大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪  
国際ビル ミノルタ株式会社内

(72)発明者 岡本 泰弘

大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪  
国際ビル ミノルタ株式会社内

(74)代理人 100067828

弁理士 小谷 悦司 (外2名)

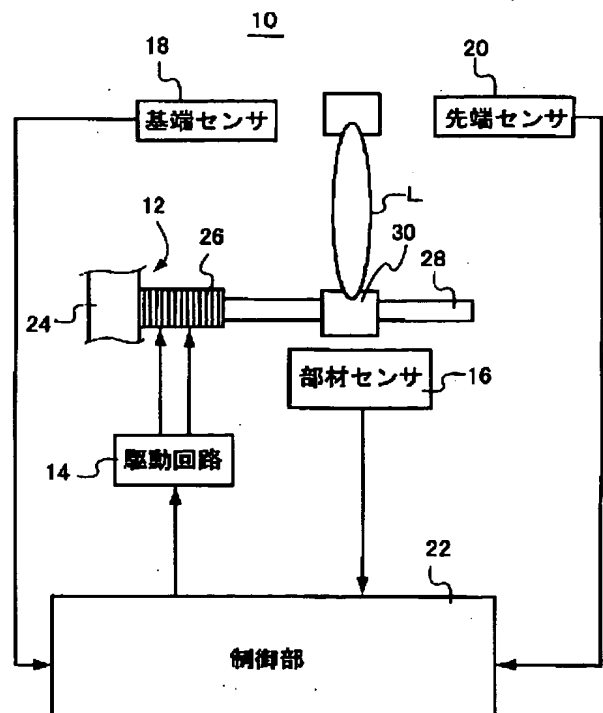
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 駆動装置

(57)【要約】

【課題】 低コスト化と小型化とを効果的に実現する。

【解決手段】 一方端に支持部材24が固着され、他方端に駆動部材28が固着された圧電素子26に、矩形波からなるものであって駆動周波数 $f_d$ が支持部材24及び駆動部材28の固着された状態での圧電素子26の共振周波数 $f_r$ に対し、 $0.3 \times f_r < f_d < 1.2 \times f_r$ の関係を有する駆動電圧を印加する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 駆動電圧が印加されることにより伸縮する電気機械変換素子と、該電気機械変換素子の伸縮方向における一方端に固着された支持部材と、前記電気機械変換素子の伸縮方向における他方端に固着された駆動部材と、該駆動部材に所定の摩擦力で係合された係合部材と、前記電気機械変換素子を駆動する駆動回路とから構成され、前記電気機械変換素子を異なる速度で伸縮させることで前記支持部材と前記係合部材とを相対移動させる駆動装置において、  
前記駆動回路は、前記支持部材及び駆動部材の固着された状態での電気機械変換素子の共振周波数に対し、前記電気機械変換素子を異なる速度で伸縮させる所定の関係の駆動周波数を有する矩形波からなる駆動電圧を生成し、この駆動電圧を前記電気機械変換素子に印加するものであることを特徴とする駆動装置。

【請求項2】 前記駆動周波数 $f_d$ は前記支持部材及び駆動部材の固着された状態での電気機械変換素子の共振周波数 $f_r$ に対し、 $f_d > 0.3 \times f_r$ の関係を有するものであることを特徴とする請求項1記載の駆動装置。

【請求項3】 前記駆動周波数 $f_d$ は前記支持部材及び駆動部材の固着された状態での電気機械変換素子の共振周波数 $f_r$ に対し、 $f_d < 1.2 \times f_r$ の関係を有するものであることを特徴とする請求項1又は2記載の駆動装置。

【請求項4】 前記駆動電圧は、そのデューティ比 $D$ が、 $0.05 < D < 0.45$ の関係にある矩形波からなるものであることを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の駆動装置。

【請求項5】 前記駆動電圧は、そのデューティ比 $D$ が、 $0.55 < D < 0.95$ の関係にある矩形波からなるものであることを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の駆動装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、駆動装置に関し、特にはXY移動ステージ、カメラの撮影レンズ、オーバーヘッドプロジェクタの投影レンズ、双眼鏡のレンズ等の駆動に適した駆動装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、撮影レンズ等が取り付けられた係合部材を棒状の駆動部材に所定の摩擦力を有するように結合させると共に、その駆動部材の一方端に圧電素子を固着して構成されたインパクト型圧電アクチュエータからなる駆動装置が知られている。例えば、図18は、カメラの撮影レンズ位置を調節するための駆動装置の概略構成を示す図である。

【0003】この図における駆動装置100は、電気機械変換素子である圧電素子101と、圧電素子101により駆動される棒状の駆動部材102と、駆動部材10

2に所定の摩擦力で結合された係合部材103と、圧電素子101に駆動電圧を印加する駆動回路104とを備えている。

【0004】圧電素子101は、駆動回路104から印加される駆動電圧に応じて伸縮するものであり、その伸縮方向における一方端が支持部材105に固着されると共に、その他方端が駆動部材102の軸方向における一方端に固着されたものである。係合部材103は、所定箇所に駆動対象物である撮影レンズLが固着され、駆動部材102上を軸方向に沿って移動可能とされている。

【0005】駆動回路104は、図19に示すように、波形発生器107とパワーアンプ108とで構成され、波形発生器107で得た0～5Vの鋸歯波形を有する駆動電圧をパワーアンプ108に入力し、このパワーアンプ108から0～10Vの鋸歯波形を有する駆動電圧を出力するようにしたものである。

【0006】このように構成された駆動装置100では、駆動回路104から緩慢な立ち上がり部と急峻な立ち下がり部とを有する図20(a)に示すような波形（繰出波形）の駆動電圧が圧電素子101に繰り返し印加されると、圧電素子101の伸縮により係合部材103は繰出方向（圧電素子101から離反する方向）である矢印a方向に移動する。すなわち、駆動電圧の緩慢な立ち上がり部では圧電素子101が緩やかに伸長することになるため、係合部材103は駆動部材102と共に繰出方向に移動する一方、急峻な立ち下がり部では圧電素子101が急激に縮小することになるため、駆動部材102が戻り方向に移動しても係合部材103は駆動部材102上をスリップして略同位置に留まることになる。このため、図20(a)に示すような波形の駆動電圧が圧電素子101に繰り返し印加されると、係合部材103は矢印a方向に間欠的に移動する。

【0007】また、駆動回路104から急峻な立ち上がり部と緩慢な立ち下がり部とを有する図20(b)に示すような波形（戻り波形）の駆動電圧が圧電素子101に繰り返し印加されると、圧電素子101の伸縮により被駆動部材103は戻り方向（圧電素子101に接近する方向）である矢印aとは反対方向に移動する。すなわち、駆動電圧の急峻な立ち上がり部では圧電素子101が急激に伸長することになるため、駆動部材102が繰出方向に移動しても係合部材103は駆動部材102上をスリップして略同位置に留まることになる一方、緩慢な立ち下がり部では圧電素子101が緩やかに縮小することになるため、係合部材103は駆動部材102と共に戻り方向に移動することになる。このため、図20

(b)に示すような波形の駆動電圧が圧電素子101に繰り返し印加されると、係合部材103は矢印aとは反対方向に間欠的に移動する。このように、圧電素子101に図20(a)と図20(b)に示す波形の駆動電圧が印加されることにより、撮影レンズLが繰出方向と戻

り方向とに移動可能となる。

【0008】なお、駆動回路104は、例えば図21に示すように構成されたものであってもよい。この図に示す駆動回路104は、緩速充電回路及び急速放電回路からなる第1の駆動回路109と、急速充電回路及び緩速放電回路からなる第2の駆動回路110とから構成され、デジタル回路で生成した0～5Vの所定の制御信号により各駆動回路109、110を駆動制御するようにしたものである。

【0009】すなわち、第1の駆動回路109は、電源電圧 $V_s$ に対して2つのスイッチ111、112と定電流源113とを定電流源113が2つのスイッチ111、112の間にくるようにして直列接続することにより構成され、第2の駆動回路110は、電源電圧 $V_s$ に対して2つのスイッチ114、115と定電流源116とを定電流源116が2つのスイッチ114、115の間にくるようにして直列接続することにより構成されたものである。圧電素子101は、第1の駆動回路109におけるスイッチ素子112の両端と、第2の駆動回路110におけるスイッチ素子115及び定電流源116

の直列回路の両端とに接続される。

【0010】この図21に示す駆動回路104では、第1の駆動回路109のスイッチ111を閉じることにより緩速充電回路が形成され、その後にスイッチ111を開いてスイッチ112を閉じることにより急速放電回路が形成される。このスイッチ操作が制御信号により繰り返し実行されることにより、図20(a)に示すような繰出波形の駆動電圧が圧電素子101に繰り返し印加されることになる。

【0011】また、第2の駆動回路110のスイッチ114を閉じることにより急速充電回路が形成され、その後にスイッチ113を開いてスイッチ115を閉じることにより緩速放電回路が形成される。このスイッチ操作が制御信号により繰り返し実行されることにより、図20(b)に示すような戻り波形の駆動電圧が圧電素子101に繰り返し印加されることになる。これにより、係合部材103が上記と同様に繰出方向と戻り方向とに移動する結果、撮影レンズLが繰出方向と戻り方向とに移動可能となる。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】ところで、カメラの撮影レンズ等の光学系の駆動源としてインパクト形圧電アクチュエータからなる駆動装置を適用する場合、その駆動装置はできる限り低コスト化され、かつ小型化されていることが望ましい。しかしながら、上記従来の駆動装置100では、図19に示す駆動回路104の場合、鋸歯波形の信号を生成する回路が複雑になることから低コスト化と小型化とに制約を受けるという問題があった。また、図21に示す駆動回路104の場合でも、定電流源113、116の回路構成が複雑になることから低コ

スト化と小型化とに制約を受けるという問題があった。

【0013】本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、低コスト化と小型化とを効果的に実現することができる駆動装置を提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明は、駆動電圧が印加されることにより伸縮する電気機械変換素子と、該電気機械変換素子の伸縮方向における一方端に固着された支持部材と、前記電気機械変換素子の伸縮方向における他方端に固着された駆動部材と、該駆動部材に所定の摩擦力で係合された係合部材と、前記電気機械変換素子を駆動する駆動回路とから構成され、前記電気機械変換素子を異なる速度で伸縮させることで前記支持部材と前記係合部材とを相対移動させる駆動装置において、前記駆動回路は、前記支持部材及び駆動部材の固着された状態での電気機械変換素子の共振周波数に対し、前記電気機械変換素子を異なる速度で伸縮させる所定の関係の駆動周波数を有する矩形波からなる駆動電圧を生成し、この駆動電圧を前記電気機械変換素子に印加するようにしたものである（請求項1）。

【0015】この構成によれば、電気機械変換素子に印加される駆動電圧が矩形波からなるものであっても電気機械変換素子の伸縮による変位波形が鋸歯形状となるため、電気機械変換素子の伸長と縮小とが異なる速度で行われるようになる結果、支持部材と係合部材とを相対移動させることができるようになる。このように、本発明では、電気機械変換素子に印加される駆動電圧が矩形波からなるものでよいと、駆動回路の構成を簡素化することができる。なお、前記駆動周波数 $f_d$ は前記支持部材及び駆動部材の固着された状態での電気機械変換素子の共振周波数 $f_r$ に対し、 $f_d > 0.3 \times f_r$ の関係を有するものにするとか、又は、 $f_d < 1.2 \times f_r$ の関係を有するものにするとか（請求項2、3）。

【0016】また、前記駆動電圧は、そのデューティ比 $D$ が、 $0.05 < D < 0.45$ の関係にあるものにするとか（請求項4）。この構成によれば、電気機械変換素子の伸縮による変位波形が緩慢な立ち上がり部と急峻な立ち下がり部とを有する鋸歯形状となる結果、係合部材が繰出方向に移動することになる。このため、係合部材に固着されている撮影レンズ等の駆動対象物を電気機械変換素子から離反する繰出方向に移動させることができる。

【0017】また、前記駆動電圧は、そのデューティ比 $D$ が、 $0.55 < D < 0.95$ の関係にあるものにするとか（請求項5）。この構成によれば、電気機械変換素子の伸縮による変位波形が急峻な立ち上がり部と緩慢な立ち下がり部とを有する鋸歯形状となる結果、係合部材が戻り方向に移動することになる。このため、係合部材に固着されている撮影レンズ等の駆動対象物を電気機

械変換素子に接近する戻り方向に移動させることができる。

#### 【0018】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の一実施形態に係るインパクト型圧電アクチュエータからなる駆動装置の基本構成を概略的に示すブロック図である。この図において、駆動装置10は、駆動部12と、駆動部12を駆動する駆動回路14と、駆動部12に取り付けられている係合部材の位置を検出する部材センサ16と、駆動部12の基端に配設された基端センサ18と、駆動部12の先端に配設された先端センサ20と、全体の動作を制御する制御部22とを備えている。

【0019】なお、従来のインパクト型圧電アクチュエータからなる駆動装置は、圧電素子に鋸歯形状の波形を有する駆動電圧を印加することにより駆動可能とされていたが、本発明は、種々の実験の繰り返しと思索の末に生成の容易な矩形状の波形を有する駆動電圧であってもその駆動周波数が系における圧電素子の共振周波数に対して特定の関係を有する場合には圧電素子とその伸縮時に鋸歯形状に変位することになり、これにより駆動装置が駆動可能になる（すなわち、後述する支持部材24と係合部材30とが相対移動する）ことを見出したことに基づくものである。

【0020】図2は、駆動部12の構成例を示す斜視図である。この図において、駆動部12は、素子固定式構造のものであり、支持部材24、圧電素子26、駆動部材28及び係合部材30から構成されている。

【0021】支持部材24は、圧電素子26及び駆動部材28を保持するものであり、円柱体の軸方向両端部241、242と略中央に位置する仕切壁243とを残して内部を削り貫くことにより形成された第1の収容空間244及び第2の収容空間245を有している。この第1の収容空間244には、圧電素子26がその分極方向である伸縮方向を支持部材24の軸方向と一致させた状態で収容されている。また、第2の収容空間245には、駆動部材28と係合部材30の一部とが収容されている。

【0022】圧電素子26は、例えば、所定の厚みを有する複数枚の圧電基板を各圧電基板間に図略の電極を介して積層することにより構成したものであって、その伸縮方向（積層方向）である長手方向の一方端面が第1の収容空間244の一方端部241側端面に固着されている。支持部材24の他方端部242及び仕切壁243には中心位置に丸孔が穿設されると共に、この両丸孔を貫通して断面円形状の棒状の駆動部材28が第2収容空間245に軸方向に沿って移動可能に収容されている。

【0023】駆動部材28の第1の収容空間244内に突出した端部は圧電素子26の他方端面に固着され、駆動部材28の第2の収容空間245の外部に突出した端部は板ばね32により所定のばね圧で圧電素子26側に

付勢されている。この板ばね32による駆動部材28への付勢は、圧電素子26の伸縮動作に基づく駆動部材28の軸方向変位を安定化させるためである。

【0024】係合部材30は、駆動部材28の軸方向の両側に取付部301を有する基部302と、両取付部301の間に装着される挟込み部材303とを備えており、基部302が駆動部材28に遊嵌されると共に、挟込み部材303が両取付部301に取り付けられた板ばね304により下方に押圧されて駆動部材28に接触することで係合部材30が所定の摩擦力で駆動部材28に結合され、係合部材30に対してその摩擦力よりも大きな駆動力が作用したときに駆動部材28の軸方向に沿って移動可能とされている。なお、係合部材30には駆動対象物である撮影レンズL（図1）が取り付けられる。

【0025】図3は、駆動回路14の構成例を示す図である。この図において、駆動回路14は、矩形波からなる駆動電圧を連続して出力すると共に、その駆動電圧を圧電素子26に印加することにより圧電素子26の伸縮時の変位波形を鋸歯形状にするものであり、デジタル回路からなる波形発生器141とパワーアンプ142とから構成されている。この波形発生器141は、例えば0～5Vの矩形波からなる駆動電圧を生成してパワーアンプ142に供給し、パワーアンプ142は、波形発生器141から供給される駆動電圧を例えば0～10Vの矩形波からなる駆動電圧に増幅して圧電素子26に印加する。

【0026】図4は、駆動回路14から出力されて圧電素子26に印加される駆動電圧であって、圧電素子26の伸縮時の変位波形を鋸歯形状にすることにより支持部材24と係合部材30とを相対移動させることのできるパルス波形の一例を示すものである。すなわち、同図(a)は、係合部材30を繰出方向（圧電素子26から離反する方向）である矢印a方向（図1）に移動させるための駆動電圧のパルス波形であり、その駆動電圧の駆動周波数 $f_d$ が支持部材24及び駆動部材28が固着された状態での圧電素子26の共振周波数 $f_r$ （例えば、50KHz）の0.7倍（ $f_d = 0.7 \times f_r$ ）となるように設定され、デューティ比 $D$ （ $D = B/A$ ）が0.3になるように設定されたものである。

【0027】また、同図(b)は、係合部材30が戻り方向（圧電素子26に接近する方向）である矢印a（図1）とは逆方向に移動させるための駆動電圧のパルス波形であり、その駆動電圧の駆動周波数 $f_d$ が支持部材24及び駆動部材28が固着された状態での圧電素子26の共振周波数 $f_r$ の0.7倍（ $f_d = 0.7 \times f_r$ ）となるように設定され、デューティ比 $D$ （ $D = B/A$ ）が0.7になるように設定されたものである。

【0028】駆動電圧の駆動周波数 $f_d$ 及びデューティ比 $D$ を上記のように設定しているのは、支持部材24及び駆動部材28が固着されている状態での圧電素子26

の共振周波数  $f_r$  に対する駆動電圧の周波数  $f_d$  の比 ( $f_d/f_r$ ) と係合部材 30 の移動速度とが図 5 の特性図に示すような関係を有していること、及び、矩形波からなる駆動電圧のデューティ比  $D$  と係合部材 30 の移動方向 (繰出方向及び戻り方向) とが図 6 の特性図に示すような関係を有していることに基づくものである。

【0029】この図 5 に示す特性図は、支持部材 24 及び駆動部材 28 が固着されている状態での圧電素子 26 の共振周波数  $f_r$  を異ならせたり、形態 (構造) を異ならせたりした 4 種類 (第 1 乃至第 4) の駆動装置 10 を構成し、これら各駆動装置 10 について圧電素子 26 の共振周波数  $f_r$  に対する駆動電圧の周波数  $f_d$  の比 ( $f_d/f_r$ ) と係合部材 30 の移動速度との対応関係を計測したものである。

【0030】なお、この特性図は、矩形波からなる駆動電圧のデューティ比  $D$  が 0.3 の場合 (後述するように係合部材 30 が繰出方向に移動する場合) のものであるが、そのデューティ比  $D$  が 0.7 の場合 (後述するように係合部材 30 が戻り方向に移動する場合) は勿論のこと、そのデューティ比  $D$  が 0.05~0.95 の範囲内にある場合に略同様の関係を有することが確認されている。

【0031】この図 5 に示す特性図からも明らかなように、 $f_d/f_r$  の値が 0.3 乃至 1.5 の範囲内にある場合には、一部領域で移動速度の落ち込みがあるとはいうものの係合部材 30 が実質的に移動可能となる一方、 $f_d/f_r$  の値が 0.3 に満たない場合及び 1.5 を超える場合には係合部材 30 が移動不能となる。従って、圧電素子 26 の共振周波数  $f_r$  に対する駆動電圧の周波数  $f_d$  は、図 4 に示すものだけではなく必要に応じて  $0.3 \times f_r < f_d < 1.5 \times f_r$  の範囲内で適宜設定することができる。なお、 $f_d/f_r$  の値が 0.6 乃至 1.2 の範囲内にある場合には、第 1 乃至第 4 のすべての駆動装置 10 について十分動作可能となる。

【0032】また、図 6 に示す特性図は、矩形波からなる駆動電圧のデューティ比  $D$  と係合部材 30 の移動方向 (繰出方向及び戻り方向) との対応関係を計測したものである。この図から明らかなように、デューティ比  $D$  が 0.05 乃至 0.45 の範囲内 ( $0.05 < D < 0.45$ ) にあるときには、係合部材 30 は繰出方向に移動し、デューティ比  $D$  が 0.55 乃至 0.95 の範囲内 ( $0.55 < D < 0.95$ ) にあるときには、係合部材 30 は戻り方向に移動する。従って、デューティ比  $D$  は、図 4 に示すものだけではなく必要に応じて  $0.05 < D < 0.45$  又は  $0.55 < D < 0.95$  の範囲内で適宜設定することができる。

【0033】なお、支持部材 24 及び駆動部材 28 が固着された状態での圧電素子 26 の共振周波数  $f_r$  は、次の数式により求めたものである。

【0034】

【数 1】

$$f_r = \frac{f_{ro}}{2} \sqrt{\frac{m_p}{m_p + 2mf}}$$

【0035】この数 1 における  $f_{ro}$  は圧電素子 26 の両電極間におけるフリー共振周波数 (圧電素子 26 自体の電極間方向における共振周波数)、 $m_p$  は圧電素子 26 の質量、 $m_f$  は駆動部材 28 の質量をそれぞれ表わしている。なお、支持部材 24 の質量は、共振系における圧電素子 26 の共振周波数  $f_r$  に関係するが、支持部材 24 の質量は圧電素子 26 及び駆動部材 28 の各質量  $m_p$ 、 $m_f$  を加算したものに比べて十分大きな値を有しており、共振周波数  $f_r$  に与える影響は小さいので演算パラメータとして考慮する必要はない。また、係合部材 30 は、圧電素子 26 の共振時には駆動部材 28 に対して滑りを生じて実質的に共振系の要素として考慮する必要はないので、上記数 1 の演算パラメータとしては含まれていない。

【0036】図 7 は、圧電素子 26 に印加される駆動回路 14 からの駆動電圧のパルス波形と、圧電素子 26 の伸縮による変位との対応関係を示す図で、同図 (a) は図 4 (a) に示す駆動電圧が印加された場合であり、同図 (b) は図 4 (b) に示す駆動電圧が印加された場合をそれぞれ示している。なお、圧電素子 26 の伸縮による変位波形は、レーザードップラー振動計により測定したものを概略的に示したものである。

【0037】このように、圧電素子 26 に図 4 (a) に示す駆動電圧が印加された場合は圧電素子 26 の変位波形が緩慢な立ち上がり部 A と急峻な立ち下がり部 B とを有する鋸歯形状となり、圧電素子 26 に図 4 (b) に示す駆動電圧が印加された場合は圧電素子 26 の変位波形が急峻な立ち上がり部 C と緩慢な立ち下がり部 D とを有する鋸歯形状となっていることが確認された。

【0038】すなわち、圧電素子 26 の変位が図 7

(a) に示すような緩慢な立ち上がり部 A を有する波形を呈するとき (すなわち、圧電素子 26 が緩やかに伸長するとき) は、係合部材 30 が駆動部材 28 と共に繰出方向に移動し、圧電素子 26 の変位が図 7 (a) に示すような急峻な立ち下り部 B を有する波形を呈するとき (すなわち、圧電素子 26 が急激に縮小するとき) は、駆動部材 28 が戻り方向に移動しても係合部材 30 は駆動部材 28 上をスリッして略同位置に留まることになる。このため、図 7 (a) に示す駆動電圧が圧電素子 26 に繰り返し印加されることで、係合部材 30 は繰出方向に間欠的に移動することになる。

【0039】また、圧電素子 26 の変位が図 7 (b) に示すような急峻な立ち上がり部 C を有する波形を呈するとき (すなわち、圧電素子 26 が急激に伸長するとき) は、駆動部材 28 が繰出方向に移動しても係合部材 30 は駆動部材 28 上をスリッして略同位置に留まること

になり、圧電素子26の変位が図7(b)に示すような緩慢な立下り部Dを有する波形を呈するとき(すなわち、圧電素子26が緩やかに縮小するとき)は、係合部材30が駆動部材28と共に戻り方向に移動することになる。このため、図7(b)に示す駆動電圧が圧電素子26に繰り返し印加されることで、係合部材30は戻り方向に間欠的に移動することになる。

【0040】このように、例えば図4(a)、(b)に示す駆動電圧が圧電素子26に印加された場合、圧電素子26の変位波形が鋸歯形状となるのは次のような理由による。つまり、矩形波は基本波である正弦波と複数次の高調波とからなるものであるが、駆動電圧の駆動周波数 $f_d$ が圧電素子26の共振周波数 $f_r$ に対して0.3倍よりも大きく1.5倍よりも小さいとき( $0.3 \times f_r < f_d < 1.5 \times f_r$ )、系における圧電素子26の共振周波数 $f_r$ の影響を受けて矩形波を形成している高調波成分のうち3次以上の高次の高調波のゲインが大きく減衰し、圧電素子26に印加される駆動電圧が実質的に基本波と2次高調波とからなる波形(鋸歯形状の波形)を有するものとなるからである。

【0041】すなわち、図8に示すような矩形波の駆動電圧(例えば、駆動周波数 $f_d$ が圧電素子26の共振周波数 $f_r$ に対して0.3倍よりも大きく1.5倍よりも小さいもの)の1パルス分の成分は、フーリエ変換することにより図9に示すような基本波 $f_1$ に対して $f_2$ 、 $f_3$ 、…、 $f_n$ の複数次の高調波を有するものとして表わすことができる。一方、支持部材24及び駆動部材28が固着された状態での圧電素子26の共振特性は、図10に示すように、図9の3次高調波 $f_3$ 以上の周波数領域ではゲインが大きく減衰したものとなる。

【0042】このため、圧電素子26に図8に示す矩形波の駆動電圧を印加すると、圧電素子26の変位波形(振動波形)は3次以上の高調波 $f_3$ 、…、 $f_n$ 成分が大きく減衰されたものとなり、図11に示すように実質的に基本波 $f_1$ 及び第2高調波 $f_2$ 成分のみを有するものとなる。この図11に示す成分を有する圧電素子26の変位波形はフーリエ逆変換することにより求めることができ、図12に示すような鋸歯形状を呈するものとなる。

【0043】また、駆動電圧のデューティ比のある値を境にして係合部材30の移動方向が繰出方向と戻り方向間で反転するのは、そのデューティ比に対応して基本波に対する2次高調波の位相がずれ、基本波と2次高調波とからなる鋸歯波形における立ち上がり部と立ち下がり部の各傾斜が変化することになるからである。すなわち、デューティ比 $D$ が $0.05 < D < 0.45$ の範囲内にあるときには、2次高調波の位相のずれが大きくなって緩慢な立ち上がり部と急峻な立ち下がり部を有する鋸歯波形となることから係合部材30は繰出方向に移動し、デューティ比 $D$ が $0.55 < D < 0.95$ の範囲内

にあるときには、2次高調波の位相のずれが小さくなって急峻な立ち上がり部と緩慢な立ち下がり部を有する鋸歯波形となることから係合部材30は繰出方向に移動する。

【0044】因みに、図13(a)に示すように、駆動電圧の駆動周波数 $f_d$ が圧電素子26の共振周波数 $f_r$ の0.1倍( $f_d = 0.1 \times f_r$ )となるように設定し、駆動電圧のデューティ比が0.3になるように設定した場合、圧電素子26の変位は矩形波における立ち上がり部の後の平坦部と立ち下がり部の後の平坦部にリンギングが生じるのみで鋸歯波形とはならず、係合部材30は停止したままであった。また、図13(b)に示すように、駆動電圧の駆動周波数 $f_d$ が圧電素子26の共振周波数 $f_r$ の0.1倍( $f_d = 0.1 \times f_r$ )となるように設定し、駆動電圧のデューティ比が0.7になるように設定した場合、圧電素子26の変位は図13

(a)の場合と同様に矩形波における立ち上がり部の後の平坦部と立ち下がり部の後の平坦部にリンギングが生じるのみで鋸歯波形とはならず、係合部材30は停止したままであった。

【0045】図14は、駆動回路14の別の構成例を示す図である。この図に示す駆動回路14'は、電源電圧 $V_s$ に対して2つのスイッチ34、36が直列に接続され、圧電素子26がスイッチ36に対して並列に接続されて構成されたものである。図15は、図14に示す駆動回路14'の具体的回路構成を示す図で、スイッチ34がPチャネルのMOSトランジスタ $Tr_1$ と、このMOSトランジスタ $Tr_1$ をON/OFF制御するバイポーラトランジスタ $Tr_2$ とを含んで構成される一方、スイッチ36がNチャネルのMOSトランジスタ $Tr_3$ を含んで構成されたもので、デジタル回路により生成された0~5Vの制御信号をX端子及びY端子から加えることにより各スイッチ34、36を動作させるようにしたものである。

【0046】この駆動回路14'では、図16に示すように、スイッチ34が短時間だけ閉じられると(すなわち、MOSトランジスタ $Tr_1$ がONされると)、その間にスイッチ34を介して圧電素子26に電源電圧 $V_s$ の電荷が急速に充電される一方、スイッチ34が開かれて(すなわち、MOSトランジスタ $Tr_1$ がOFFされて)一定時間が経過した後にスイッチ36が短時間だけ閉じられると(すなわち、MOSトランジスタ $Tr_3$ がONされると)、圧電素子26に充電されていた電荷が急激に放電される。

【0047】すなわち、圧電素子26は、スイッチ34がONされてからスイッチ36がOFFされるまでの間に矩形波からなる駆動電圧が印加されたのと実質的に同様の状態となる。このため、図16に示すように、スイッチ34が一定の周期 $A$ でON/OFFされ、スイッチ36がスイッチ34に対して一定の遅れ時間 $B$ 又は $B'$

でON/OFFされることで、圧電素子26の両端は実質的に矩形波からなる駆動電圧が所定の周期で繰り返し印加された状態となる。

【0048】この場合、駆動電圧（圧電素子26の両端電圧）のデューティ比 $D$ （ $D=B/A$ ）が0.05よりも大きく0.45よりも小さな範囲内（ $0.05 < D < 0.45$ ）にあるときには駆動パルスは係合部材30が圧電素子26から離反する方向に移動する繰出波形となり、駆動電圧のデューティ比 $D$ が0.55よりも大きく0.95よりも小さな範囲内（ $0.55 < D < 0.95$ ）にあるときには駆動パルスは係合部材30が圧電素子26に接近する方向に移動する戻り波形となる。このように駆動回路14'を構成した場合でも、図3に示す駆動回路14の場合と同様に圧電素子26を駆動することができる。

【0049】なお、駆動部12は、図2に示すような素子固定式構造のものではなく、例えば、図17に示すような自走式構造のものであっても上記の駆動回路14、14'により駆動することができる。図17(a)は自走式構造の駆動部12の分解斜視図であり、図17(b)はその正面図である。

【0050】すなわち、この図17に示す駆動部12'は、位置固定される係合部材（ベース部材）40と移動部材42とから構成されている。係合部材40は、基板44と、基板44の略中央位置に所定の間隔をおいて対向配置され、板ばね等の弾性部材46、48により取り付けられた一対の挟持部材50、52と、基板44の左右両端部に取り付けられた一対のガイド部材54、56とを備えている。各ガイド部材54、56の外側面には、回転自在の複数のボール部材58、60が取り付けられている。

【0051】移動部材42は、駆動体63と、この駆動体63に一体に取り付けられた移動体65とから構成されている。駆動体63は、支持部材67、圧電素子69及び駆動部材71から構成されている。支持部材67は、圧電素子69及び駆動部材71を保持するものであり、直方体の軸方向両端部671、672及び略中央の仕切壁673を残して削り貫くことにより形成された第1の収容空間674及び第2の収容空間675を有している。この第1の収容空間674には、圧電素子69がその伸縮方向を支持部材67の軸方向と一致させて収容されている。また、第2の収容空間675には、駆動部材71が軸方向に移動可能に収容されている。

【0052】圧電素子69は、図2に示す圧電素子26と同様に構成されたものであり、その伸縮方向（積層方向）である長手方向の一方端面が第1の収容空間674の一方端部671側端面に固着されている。駆動部材71は、支持部材67の左右両側に膨出する膨出部711が中央部に一体形成され、この膨出部711が第2の収容空間675に位置すると共に、仕切壁673に形成さ

れた貫通孔を介して第1の収容空間674内に突出した端部は圧電素子69の他方端面に固着され、支持部材67の他方端部672に形成された貫通孔を介して第2の収容空間675の外部に突出した端部は自由端とされている。

【0053】移動体65は、平板部651と、平板部651の左右両側に下方に伸びる側壁部652、653が形成されると共に、各側壁部652、653の内側に摺動部材654、655が形成されたもので、移動部材42における支持部材67の上面にねじ部材656により固定されている。

【0054】このように構成された移動部材42は、駆動部材71の膨出部711が係合部材40の一対の挟持部材50、52間に移動可能に挟持されることで係合部材40に組み付けられることになる。すなわち、係合部材40が図2の係合部材30に対応するものであり、この係合部材40が駆動部材71に対して所定の摩擦力で結合され、駆動部12'が構成されることになる。

【0055】この駆動部12'では、駆動回路14、14'から例えば図4(a)に示す波形を有する駆動電圧が印加されて圧電素子69が緩やかに伸長すると、駆動部材71が静止した状態で支持部材67が係合部材40の一方側に移動し、その後に圧電素子69が急激に縮小すると、支持部材67が静止した状態で駆動部材71が挟持部材50、52による摩擦力に打ち勝って係合部材40の一方側に移動する。この繰り返し動作により支持部材67が移動体65と共に、係合部材40の一方側に間欠的に移動することになる。

【0056】また、駆動回路14、14'から例えば図4(b)に示す波形を有する駆動電圧が印加されて圧電素子69が急激に伸長すると、支持部材67が静止した状態で駆動部材71が挟持部材50、52による摩擦力に打ち勝って係合部材40の他方側に移動し、その後に圧電素子69が緩やかに縮小すると駆動部材71が静止した状態で支持部材67が係合部材40の他方側に移動する。この繰り返し動作により支持部材67が移動体65と共に、係合部材40の他方側に間欠的に移動することになる。

【0057】図1に戻り、部材センサ16は、係合部材30の移動可能範囲内に配設されたものであり、MRE (Magnetoresistive Effect) 素子やPSD (Position Sensitive Device) 素子等の適宜のセンサにより構成されている。また、基端センサ18及び先端センサ20は、フォトインタラプタ等の適宜のセンサにより構成されている。これにより、係合部材30の位置が部材センサ16により検出されることで係合部材30の所定位置への移動制御が可能となる一方、係合部材30の位置が基端センサ18及び先端センサ20により検出されることで係合部材30のそれ以上の移動が禁止される。また、制御部22は、演算処理を行うCPU、処理プログ

10

20

30

40

50



ラム及びデータが記憶されたROM及びデータを一時的に記憶するRAMから構成されており、部材センサ16、基端センサ18及び先端センサ20から入力される信号に基づいて駆動回路14、14'を駆動制御する。

【0058】以上のように、本発明の実施形態に係る駆動装置10は、駆動回路14、14'が矩形波からなる駆動電圧を圧電素子26、69に印加するものであって、この駆動電圧の駆動周波数が支持部材24、67及び駆動部材28、71の固着された状態での圧電素子26、69の共振周波数に対し圧電素子26、69の伸縮による変位波形を鋸歯形状にする所定の関係を有するものである。圧電素子26、69に印加される駆動電圧が矩形波からなるものであっても圧電素子26、69の伸長と縮小とを異なる速度で行わせることができるようになる結果、支持部材24、67と係合部材30、40との相対移動が可能となる。このため、駆動回路の構成を簡素化することができ、駆動装置10の低コスト化と小型化とを促進することができる。

【0059】なお、本発明は、上記実施形態のものに限定されるものではなく、種々の変形態様を採用することができる。例えば、上記実施形態では、駆動回路14、14'は、駆動電圧を圧電素子26、69の一方向にのみ印加するようにしたものであるが、同一の駆動電圧を圧電素子26、69の両方向に交互に印加するようにすることもできる。このようにすると、圧電素子26、69に実質的に2倍の駆動電圧を印加したものとなり、支持部材24、67と係合部材30、40との相対移動速度を速くすることができる。

【0060】また、駆動回路14、14'から出力される駆動電圧は略矩形波となっていればよく、圧電素子26、69の変位波形も略鋸歯形状となればよい。また、上述したように、駆動電圧の駆動周波数 $f_d$ は支持部材24、67及び駆動部材26、71の固着された状態での圧電素子26、69の共振周波数 $f_r$ に対し、 $0.3 \times f_r < f_d < 1.5 \times f_r$ の関係を有する場合に支持部材24、67と係合部材30、40とを相対移動させることができるが、実用上は $0.6 \times f_r < f_d < 1.2 \times f_r$ の関係にあることが好ましい。

【0061】また、駆動電圧の駆動周波数 $f_d$ の圧電素子26、69の共振周波数 $f_r$ に対する上記数値は必ずしも絶対的なものではなく、駆動装置10の構成等に対応して若干の変動が生じ得るものである。従って、駆動電圧の駆動周波数 $f_d$ は、圧電素子26、69の共振周波数 $f_r$ に対し、圧電素子26、69の伸縮による変位波形が鋸歯形状となる適宜の値に設定するようにすればよい。

【0062】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1乃至3の発明によれば、駆動回路は、支持部材及び駆動部材の固着された状態での電気機械変換素子の共振周波数に対

し、電気機械変換素子を異なる速度で伸縮させる所定の関係の駆動周波数を有する矩形波からなる駆動電圧を生成し、この駆動電圧を電気機械変換素子に印加するものである。駆動回路の構成を簡素化することができ、駆動装置の低コスト化と小型化とを促進することができる。この場合、駆動周波数 $f_d$ は駆動部材及び支持部材の固着された状態での電気機械変換素子の共振周波数 $f_r$ に対し、 $f_d > 0.3 \times f_r$ 又は $f_d < 1.2 \times f_r$ の関係を有するものにするとよい。

【0063】また、請求項4の発明によれば、駆動電圧は、そのデューティ比 $D$ が、 $0.05 < D < 0.45$ の関係にあるので、電気機械変換素子の伸縮による変位が緩慢な立ち上がり部と急峻な立ち下がり部とを有する鋸歯形状となる結果、係合部材を繰出方向に移動させることができるようになる。

【0064】また、請求項5の発明によれば、駆動電圧は、そのデューティ比 $D$ が、 $0.55 < D < 0.95$ の関係にあるものである。電気機械変換素子の伸縮による変位が急峻な立ち上がり部と緩慢な立ち下がり部とを有する鋸歯形状となる結果、係合部材を戻り方向に移動させることができるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態に係る駆動装置の全体構成を概略的に示す図である。

【図2】図1に示す駆動装置の駆動部の構成例を示す斜視図である。

【図3】図1に示す駆動装置の駆動回路の構成例を示すブロック図である。

【図4】図3に示す駆動回路から出力される駆動パルスの波形を示す図で、(a)はデューティ比が0.3になるように設定されたもの、(b)はデューティ比が0.7になるように設定されたものである。

【図5】図1に示す駆動装置における $f_d/f_r$ と係合部材の移動速度との関係を示す図である。

【図6】図1に示す駆動装置における駆動電圧のデューティ比と係合部材の移動速度との関係を示す図である。

【図7】図1に示す駆動装置における圧電素子に印加される駆動電圧と、圧電素子の伸縮による変位波形との関係を示す図で、(a)は駆動電圧のデューティ比が0.3になるように設定された場合のもの、(b)は駆動電圧のデューティ比が0.7になるように設定された場合のものである。

【図8】圧電素子に印加する矩形波からなる駆動電圧を示す図である。

【図9】図8に示す駆動電圧をフーリエ変換することにより求めた基本波及び高調波成分を示す図である。

【図10】支持部材及び駆動部材が固着された状態での圧電素子の共振特性を示す図である。

【図11】図10に示す共振特性を有する圧電素子に図8に示す駆動電圧を印加した場合の基本波及び高調波成



分を示す図である。

【図12】図11に示す基本波及び高調波成分をフーリエ逆変換することにより求めた圧電素子の変位波形を示す図である。

【図13】本発明の範囲外の駆動周波数を有する駆動電圧と圧電素子の伸縮による変位波形との関係を示す図で、(a)は駆動電圧のデューティ比が0.3になるように設定したもの、(b)は駆動電圧のデューティ比が0.7になるように設定したものである。

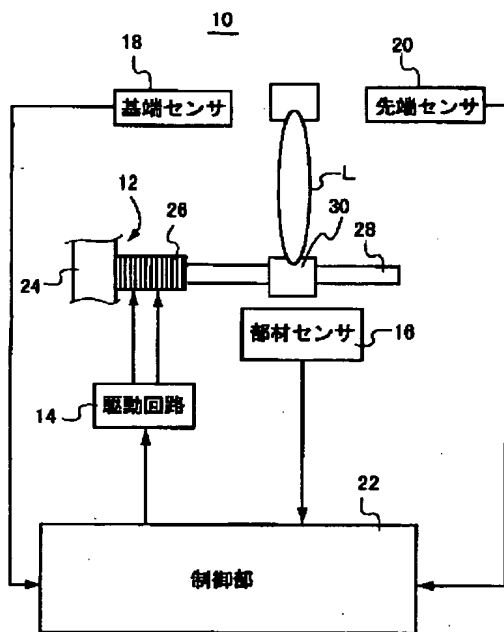
【図14】図1に示す駆動装置の駆動回路の別の構成例を示すブロック図である。

【図15】図14に示す駆動回路の具体的回路構成を示す図である。

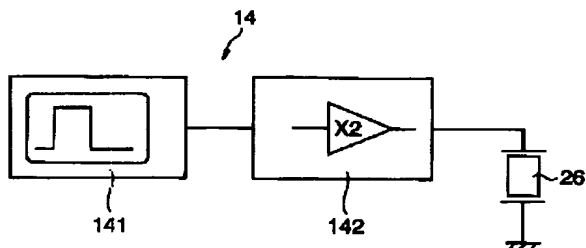
【図16】図14及び図15に示す駆動回路の動作説明をするためのタイミングチャートである。

【図17】図1に示す駆動装置の駆動部の別の構成例を示す図で、(a)は分解斜視図、(b)は正面図であ

【図1】



【図3】



る。

【図18】従来例の駆動装置の構成を概略的に示す図である。

【図19】図18に示す駆動装置の駆動回路の構成例を示すブロック図である。

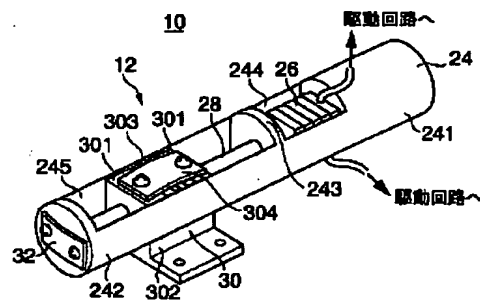
【図20】図19に示す駆動回路の出力波形を示す図で、(a)は繰出波形、(b)は戻り波形である。

【図21】図18に示す駆動装置の駆動回路の別の構成例を示すブロック図である。

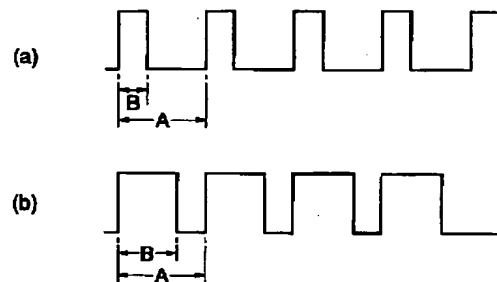
【符号の説明】

- 10 圧電アクチュエータ（駆動装置）
- 12, 12' 駆動部
- 14, 14' 駆動回路
- 24, 67 支持部材
- 26, 69 圧電素子（電気機械変換素子）
- 28, 71 駆動部材
- 30, 40 係合部材

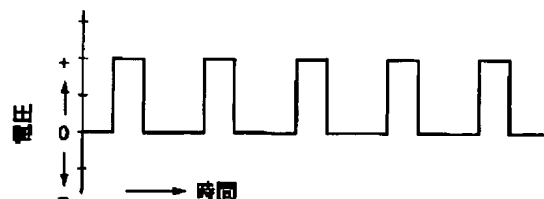
【図2】



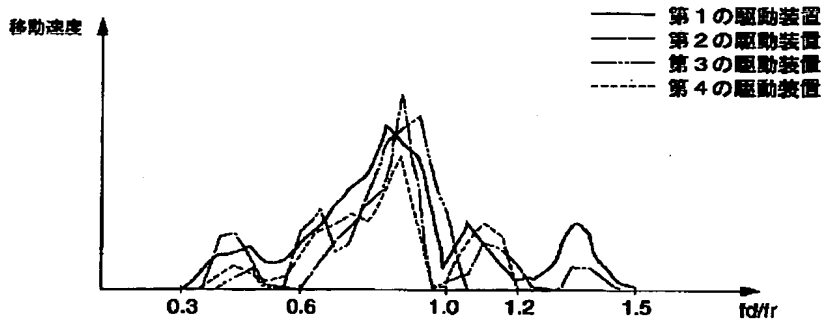
【図4】



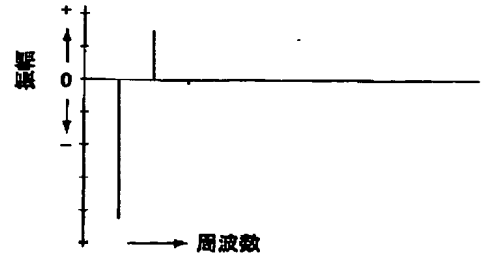
【図8】



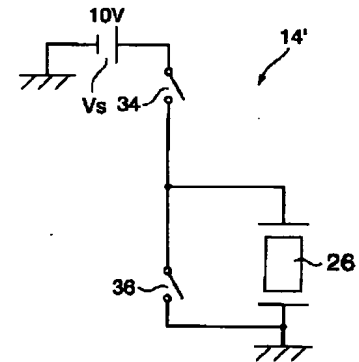
【図5】



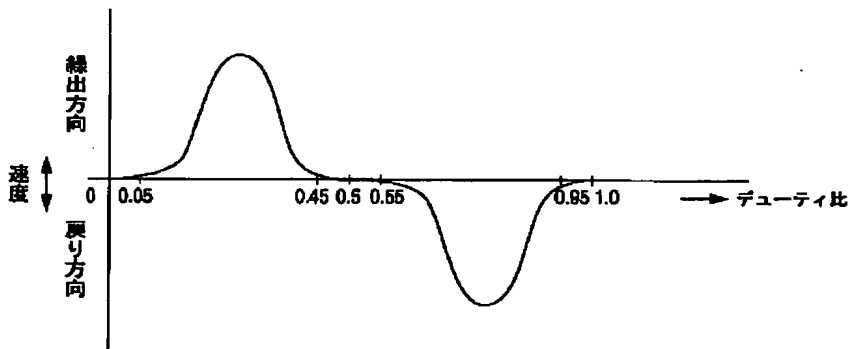
【図11】



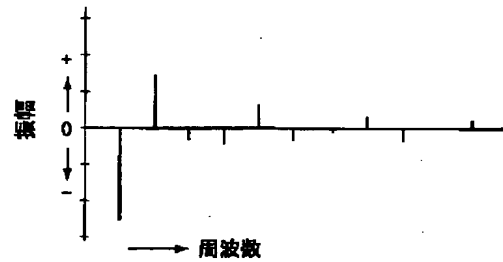
【図14】



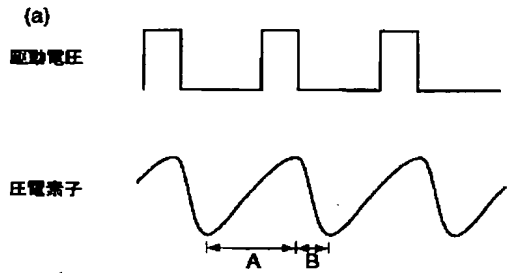
【図6】



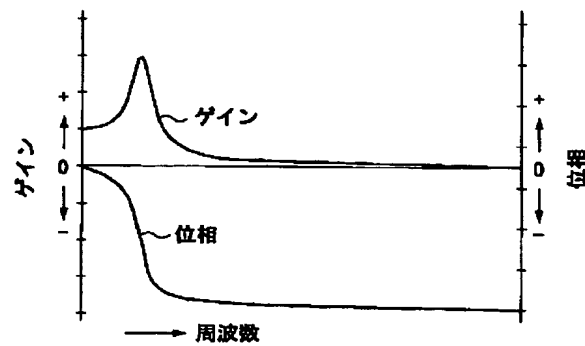
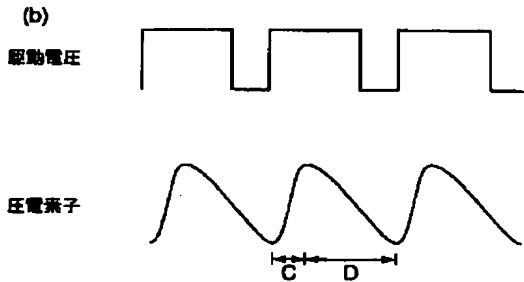
【図9】



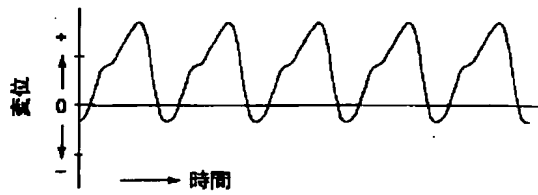
【図7】



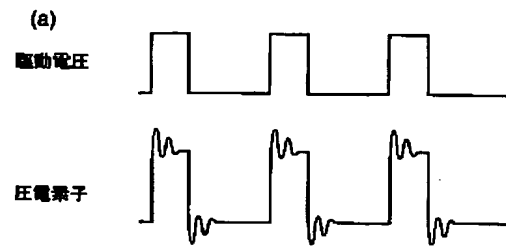
【図10】



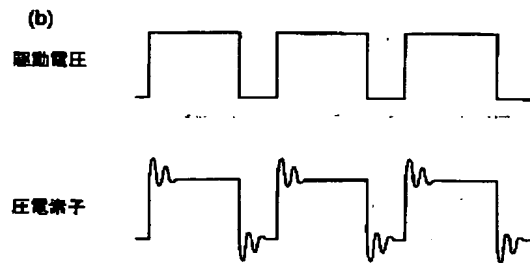
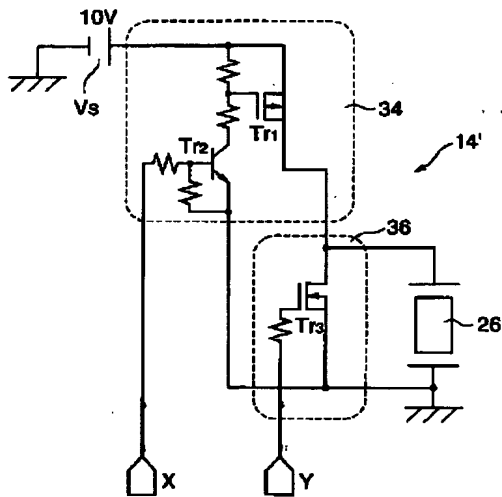
【図12】



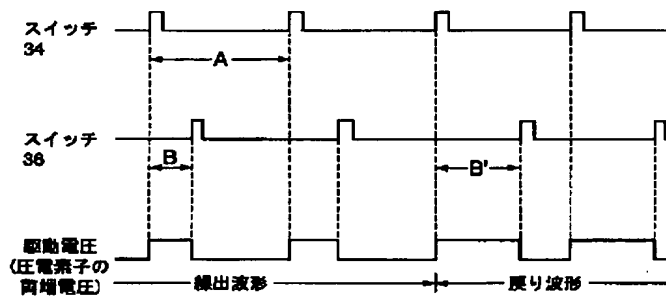
【図13】



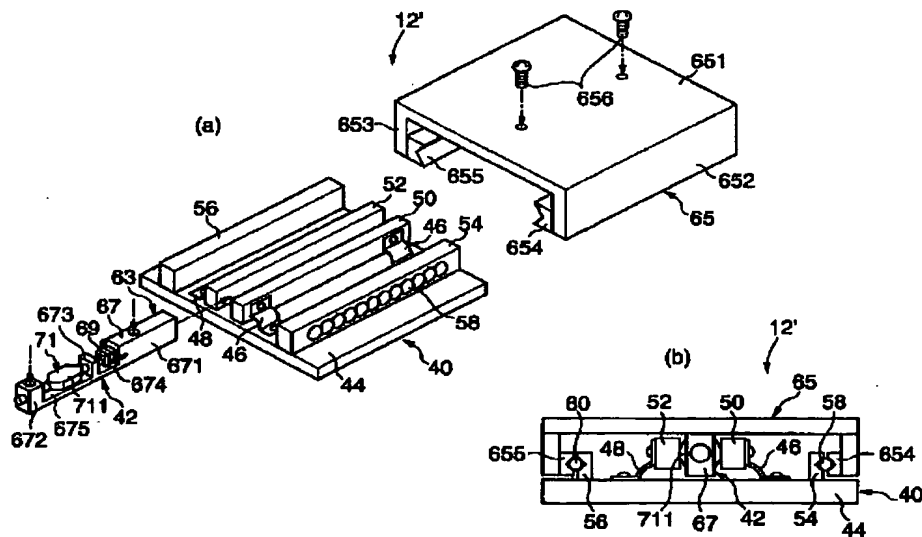
【図15】



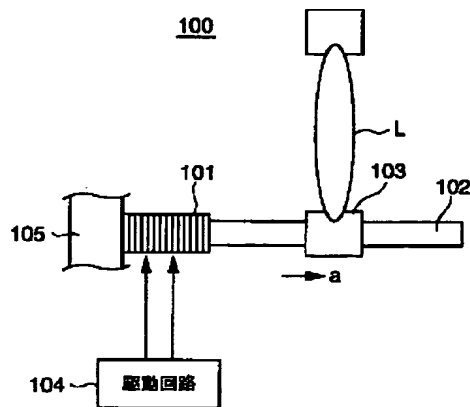
【図16】



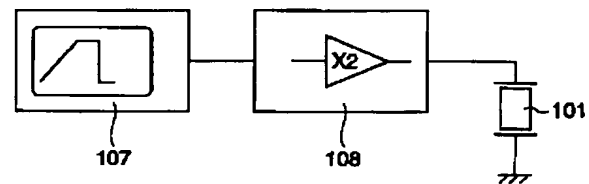
【図17】



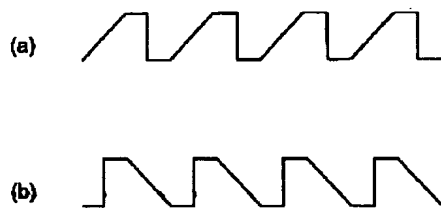
【図18】



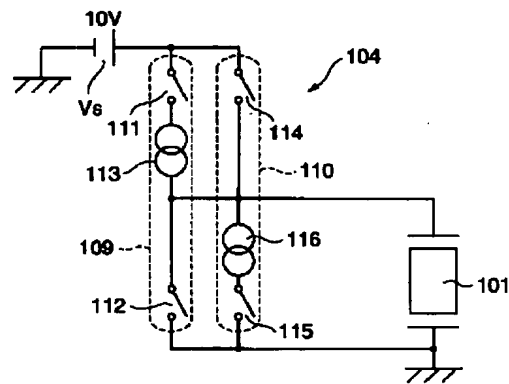
【図19】



【図20】



【図21】



フロントページの続き

(72)発明者 岡田 浩幸  
 大阪府中央区安土町二丁目3番13号 大阪  
 国際ビル ミノルタ株式会社内

Fターム(参考) 5H680 AA00 AA08 AA19 BB01 BB13  
 BC01 BC10 DD01 DD23 DD27  
 DD37 DD53 DD59 DD67 DD73  
 DD83 DD95 EE22 FF03 FF21  
 FF26 FF32 GG41